

# Over-exploitatie grondwater wereldwijd probleem

Voorzover het niet ligt opgeslagen in ijskappen en gletsjers, bevindt bijna al het zoete water op aarde zich onzichtbaar onder de grond. Al eeuwen lang gebruikt de mens grondwater, maar de laatste decennia is het gebruik ervan explosief gestegen. Uitputting en vervuiling bedreigen deze natuurlijke hulpbron. De niet-duurzame exploitatie ervan is een nieuw schoolvoorbeeld van 'the tragedy of the commons'.

**HENK DONKERS**

*De auteur is medewerker van de Faculteit der Beleidswetenschappen aan de KU Nijmegen.*

Volgens berekeningen van de Russische geograaf en hydroloog Igor Shiklomanov, die algemeen als gezaghebbend beschouwd worden, is er 1.386 miljoen kubieke kilometer ( $\text{km}^3$ ) water op aarde. Slechts 2,5 procent daarvan ( $35 \text{ miljoen km}^3$ ) is zoet water. Daarvan bevindt zich slechts 0,26 procent ( $0,105 \text{ miljoen km}^3$ ) in rivieren en (stuw)meren. Ruim tweederde ligt opgeslagen in gletsjers en ijskappen en bijna eenderde zit in de grond (figuur 1). Als we het water in bevroren toestand niet meerekenen is 98,97 procent van het zoete water op aarde grondwater. Het ligt opgeslagen in aquifers, die bestaan uit poreuze gesteenten. Grondwater is dus verreweg het grootste zoetwaterreservoir op aarde.

Al het water op aarde wordt rondgepompt in de hydrologische kringloop die wordt aangedreven door de zon. Die zorgt er - in combinatie met de zwaartekracht en de rotatie van de aarde - voor dat de watermassa's constant

Bron	Aanvullingsperiode (in jaren)
Oceaan	2500
Grondwater	1400
Poolijs	9700
Gletsjers	1600
Grondijs en permafrost	10.000
Meren	17
Moerassen	5
Bodemvocht	1
Kanalen-netwerk	16 dagen
Atmosferisch vocht	8 dagen
Biologisch water	enkele uren

**Tabel 1.** De tijd die het kost om waterbronnen op aarde weer aan te vullen.

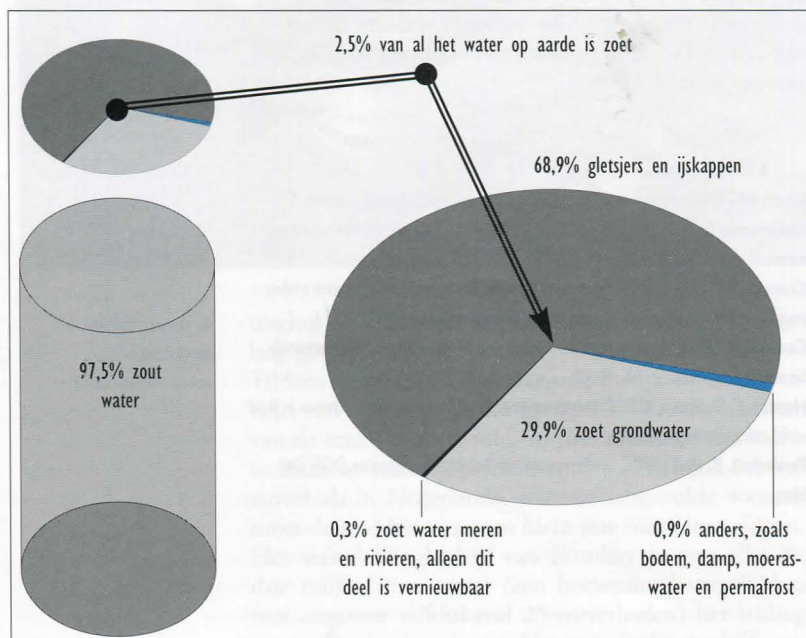
in beweging blijven en van het ene reservoir in het andere terechtkomen. Al deze reservoirs (oceanen, zeeën, ijskappen, gletsjers, meren, rivieren, grondwater, atmosfeer) worden dus continu van nieuw water voorzien. Er zijn echter enorme verschillen in het tempo waarin dat gebeurt (tabel 1).

De aanvulling van grondwatervoorraden verloopt (zeer) traag en duurt volgens Shiklomanov gemiddeld 1.400 jaar. Wel bestaan er grote afwijkingen van dit gemiddelde. Bij aquifers die gevuld zijn met fossiel water moet zelfs in geologische tijdschalen gedacht worden. Door het trage hernieuwingstempo krijgt de onttrekking van grondwater al snel een niet-duurzaam karakter. Ook kunnen verontreinigingen zich hierdoor gemakkelijk in grondwater ophopen, want aquifers worden veel minder snel doorgespoeld dan rivieren en meren.

## Stille revolutie

Al duizenden jaren lang worden er grondwatervoorraden geëxploiteerd. In het Midden-Oosten zijn daarvoor ingenieuze systemen aangelegd zoals de *qanats* (figuur 2). Nog steeds worden daarmee in berggebieden aquifers afgetapt. Via kilometers lange tunnels wordt het water naar dorpen en steden geleid voor irrigatie of huishoudelijk gebruik. Dankzij deze systemen, die 2.500 voor Christus in Iran ontwikkeld werden en zich vandaaruit over het hele Midden-Oosten verspreid hebben, konden er ook buiten de rivierdalen steden ontstaan. Voor de *qanats* is - behalve voor aanleg en onderhoud - geen energie nodig; ze maken gebruik van de zwaartekracht. Elders in de wereld werden - zowel in steden als op het platteland - putten gegraven, vooral om in de behoefte aan drinkwater te voorzien. Tegenwoordig wordt het drinkwater van 1,5 tot 2 miljard mensen uit grondwater bereid. Het is daarvoor de ideale grondstof, omdat het weinig verontreinigingen bevat en overal beschikbaar is. Na 1950 is het gebruik van grondwater explosief gestegen door de uitbreiding van de geïrrigeerde landbouw.

**Figuur 1.** De zoetwaterverdeling op aarde volgens de Russische geograaf en hydroloog Igor Shiklomanov.





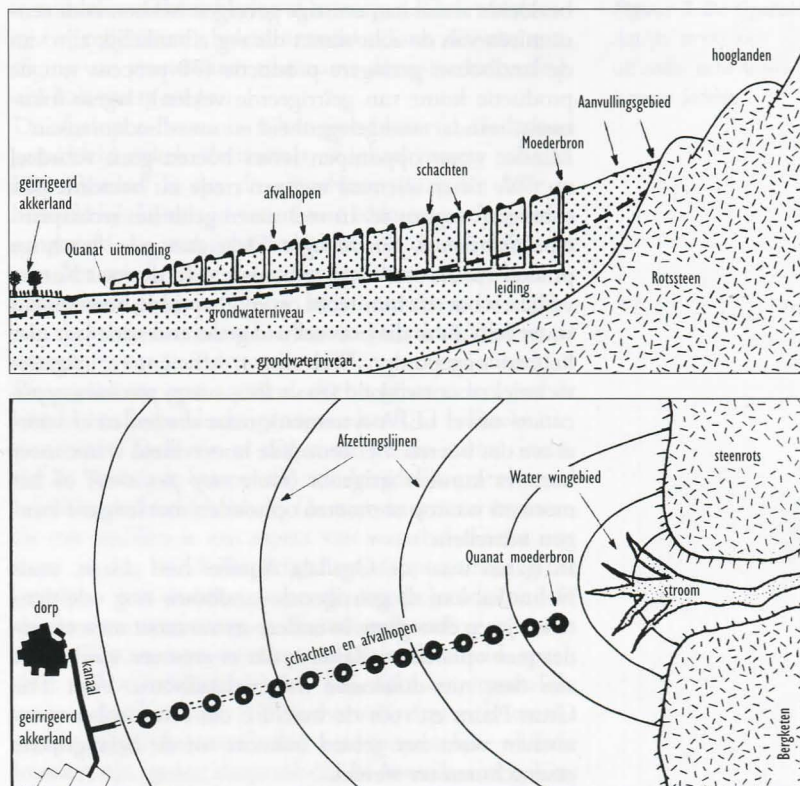
Tussen 1900 en 1950 groeide het bevoelde areaal van 47 naar 101 miljoen hectare. China, India, Pakistan en de Verenigde Staten waren *The Big Four* op dit gebied. Het benodigde water kwam uit rivieren als Indus, Ganges, Gele Rivier, Jangtse, Colorado en Sacramento-San Joaquin. Tussen 1950 en 2000 nam het areaal toe tot 265 miljoen hectare. Hoewel ook daarvoor veel rivierwater gebruikt werd en duizenden stuwdammen werden aangelegd, vond er een stille revolutie plaats. Een groot deel van nieuwe uitbreidingen werd niet met oppervlaktewater gerealiseerd, maar met grondwater.

Aan grondwater als bron van irrigatiewater zitten veel voordelen. Boeren kunnen water oppompen op het moment dat hun gewassen het nodig hebben. Grondwater is ook een veel zekerder bron want rivieren kennen grote grillen in hun afvoer. Bovendien voeren ze vaak veel water aan op momenten dat boeren er het minste behoefte aan hebben (natte seizoen). Om dat op te vangen moeten er weer dure dammen en reservoirs worden aangelegd waaruit bovendien weer veel water verdampt. Rivierwater moet vaak van ver worden aangevoerd via kanalenstelsels. Die kosten geld en onderhoud, en leiden vaak tot grote lek- en verdampingsverliezen. Projecten die grondwater gebruiken zijn daardoor veel goedkoper per hectare dan projecten die oppervlaktewater benutten. Het is niet vreemd dat miljoenen boeren die de afgelopen dertig jaar overschakelden van regenafhankelijke landbouw naar geïrrigeerde landbouw, gebruik maakten van grondwater toen er nieuwe technologieën voor het slaan van (diepe) putten en het oppompen van water beschikbaar kwamen. Belangrijk hierbij is ook dat oppervlaktewater steeds schaarser werd en dat het ging om de uitbreiding van irrigatie in gebieden waar niet of moeilijk aan oppervlaktewater te komen was. Grondwater is namelijk veel gelijkmatiger over de aarde verdeeld dan oppervlaktewater. In droge gebieden zonder meren en rivieren zit wel grondwater.

### Ondergrondse zoetwaterzee

De stille revolutie begon in de Verenigde Staten in *The Great Plains*, die zich uitstrekken van Noord-Dakota tot Texas. De eerste kolonisten die over *trails* door de toen vrijwel boomloze prairies trokken noemden het gebied *The Great American Desert*. Rond 1900 probeerde men het gebied in cultuur te brengen met de grootschalige verbouw van graan. Dat liep in de droge jaren dertig uit op een ramp. Het gebied werd één grote stofkom, een *Dust Bowl*. Honderdduizenden boeren moesten door de stofstormen hun bedrijf opgeven en trokken berooid in eindeloze kolonnes T-Fordjes over Highway 66 naar Californië. Het drama inspireerde Nobelprijswinnaar John Steinbeck tot *The grapes of wrath* (door John Ford verfilmd met Henry Fonda in de hoofdrol) en folkzanger Woody Guthrie tot *The Dust Bowl Ballads*.

Na de Tweede Wereldoorlog kwam de ommekeer. Onder het westelijke, droogste deel van de Great Plains, bleek een enorm ondergronds waterreservoir te liggen, de Ogallala Aquifer (figuur 3). Het is een van de grootste aquifers op aarde. Hij heeft een oppervlakte van 453 duizend km<sup>2</sup> (elf keer Nederland), strekt zich uit over acht staten en heeft een inhoud van 3.700 km<sup>3</sup> zoet water. De aquifer bestaat uit zand en grind dat riviertjes afkomstig uit de Rocky Mountains daar in de loop van miljoenen jaren hebben gedeutoneerd. De poreuze sedimenten zijn vervolgens gevuld met water. Later zijn ze door de wind bedekt met löss waarin zich vruchtbare zwarte-aarde-bodems ontwikkelden.



**Figuur 2.** Dwarsdoorsnede en bovenaanzicht van een qanat-systeem.

Toen er in de jaren vijftig krachtige pompen en nieuwe irrigatiesystemen op de markt kwamen, konden boeren de ondergrondse zoetwaterzee gaan exploiteren. Een technologische doorbraak was het *center pivot system*. Dat bestaat uit een metalen arm van honderden meters lang waarop een leiding en sprinklers bevestigd zijn. Deze arm, die aangesloten is op een pomp, rijdt almaar rondjes. Daardoor ontstaan er grote cirkelvormige velden die zelfs op satellietbeelden te zien. De pompen hebben een capaciteit van duizenden liters per minuut en zijn gedurende het groeiseizoen van drie maanden vaak 24 uur per dag in bedrijf. Eén installatie kan 52 hectare beregenen. Naast sprinkler-irrigatie doen boeren overigens ook aan oppervlakte-irrigatie. Voor de irrigatie zijn zo'n 150 duizend putten geslagen.

Met het water uit de Ogallala Aquifer werden in 1978 5,2 miljoen hectare geïrrigeerd. Tien jaar later was het areaal geslonken tot 4,2 miljoen hectare; een verdere afname tot 3,0 miljoen hectare in 2020 is waarschijnlijk. Oorzaak: *overpumping*. Volgens een speciale commissie die onder auspiciën van de National Research Council de toekomst van de geïrrigeerde landbouw moest onderzoeken, wordt er twaalf tot veertig keer (!) meer opgepompt dan de jaarlijkse aanvulling. De gemiddelde aanvulling bedraagt slechts 1 tot 2 centimeter per jaar, terwijl de onttrekking varieert van 0,3 tot 1,5 meter per jaar. De aquifer is grotendeels gevuld met fossiel water. Als de aquifer leeggepompt is kost het zesduizend jaar om hem weer te vullen. Omdat de dikte van de aquifer varieert van enkele decimeters tot ruim vierhonderd meter, er niet overal evenveel wordt opgepompt en de jaarlijkse aanvulling varieert, raakt de aquifer op de ene plaats sneller uitgeput dan op de andere. Het Texaanse deel van de aquifer is al voor een kwart uitgeput. Het geïrrigeerde areaal liep er in tien jaar terug van 1,8 naar 1,1 miljoen hectare, een afname van 41,6 procent. Door de dalende waterspiegel en de stijgende energieprijzen waren de pompkosten met ruim 400 procent gestegen. Irrigatie werd daardoor onrendabel. De daling van het



bevoelde areaal kan ernstige gevolgen hebben voor economieën van de acht staten die erg afhankelijk zijn van de landbouw: geringere productie (70 procent van de productie komt van geïrrigeerde velden), lagere inkomens, minder werkgelegenheid en meer bodemerosie. Minder water oppompen levert boeren geen voordeel op. 'We zitten allemaal met een rietje uit hetzelfde glas te zuigen', zeggen ze. In veel staten geldt het rechtsprincipe *first in use, first in right*. Daar gaat geen krachtige prikkel vanuit om water te besparen. In de staat Kansas verliezen boeren hun recht op een bepaalde hoeveelheid water zelfs als ze die hoeveelheid gedurende drie jaar niet hebben opgepompt. Wel zijn er efficiëntere irrigatietechnieken ontwikkeld (zoals *low-energy precision application*- ofwel LEPA-systemen), maar die leiden er vooral toe dat boeren met eenzelfde hoeveelheid water meer hectares kunnen irrigeren (*more crop per drop*) of het moment waarop ze moeten ophouden met irrigatie kunnen uitstellen.

In staten waar de Ogallala Aquifer heel dik is, zoals Nebraska, kan de geïrrigeerde landbouw nog vele tientallen jaren doorgaan, in andere staten moet men er eerder mee ophouden. Zeker is dat er eens een eind komt aan deze niet-duurzame irrigatielandbouw. Voor The Great Plains en voor de wereld is dat een somber vooruitzicht want het gebied behoort tot de belangrijkste graanschuren ter wereld.

### Fossiel water

De Amerikaanse irrigatietechnologieën zijn ook ingevoerd in landen als Saudi-Arabië en Libië, die eveneens over enorme voorraden fossiel water beschikken. Saudi-Arabië was na het OPEC-olie-embargo begin jaren zeventig bang voor een graanembargo. Om het land zelfvoorzienend te maken, stimuleerde de regering de verbouw van graan krachtig met gratis land, goedkope leningen, hoge garantieprijzen en gesubsidieerd water. Voor het omtoveren van de woestijn in wuivende graanvelden werden de enorme voorraden fossiel water (naar schatting 1.919 km<sup>3</sup>) aangesproken. Tientallen miljarden kubieke meters water werden er opgepompt. De tarweproductie schoot omhoog van enkele duizenden tonnen begin jaren zeventig tot vijf miljoen ton in 1994. In 1984 werd het land zelfvoorzienend; in de jaren daarna ging het zelfs tarwe exporteren.

Duurzaam was de tarweproductie allerminst. De productiekosten waren zes keer zo hoog als de wereldmarktprijs. Voor de productie van één kilo tarwe was in de hete, wonderige woestijn maar liefst drieduizend liter water nodig (tegen duizend liter elders). Toen de regering moest bezuinigen, zakte de productie in elkaar tot 1,9 miljoen ton in 1996. Tegenwoordig importeert Saudi-Arabië weer tarwe.

In Libië exploiteert Khaddafi de voorraden fossiel water in het zuiden van zijn land. Die werden in 1959 ontdekt door de Amerikaanse oliemaatschappij Esso die daar naar olie zocht. De voorraden zijn gigantisch en verdeeld over meerdere bekkens. De schattingen lopen uiteen van vele duizenden tot enkele tienduizenden km<sup>3</sup>. Omdat de boeren niet van de kust naar de woestijn wilden verhuizen, besloot Khaddafi niet de mensen naar het water, maar het water naar de mensen te brengen. Daarvoor liet hij een 1.860 kilometer lange kunstmatige rivier aanleggen: The Great Manmade River. Het project, waarvan de eerste fase in 1991 gereed kwam, kost 25 miljard dollar. Critici noemen het smalend The Great Mad-man's River. Ook Khaddafi wilde zijn land zelfvoorzienend maken en - zoals zoveel leiders in de

regio - de 'woestijn tot bloei brengen'. 'Een land is niet echt onafhankelijk zolang het voedsel moet importeren', schrijft hij in zijn Groene Boekje.

Economisch en ecologisch zijn er veel kanttekeningen bij te plaatsen. De investeringen per hectare geïrrigeerde landbouwgrond zijn exorbitant hoog en volstrekt onrendabel. Ondanks dit project moet Libië voedsel blijven importeren, terwijl voor het werk op de akkers tienduizenden Egyptische gastarbeiders worden aangetrokken. Over vijftig jaar zijn de watervoorraden economisch uitgeput. Khaddafi verwacht dat Libië tegen die tijd kan overschakelen op goedkope ontzilting van zeewater.

De Amerikanen verdenken de Libische leider er overigens van dat hij dit project als dekmantel gebruikt voor de productie van chemische en biologische wapens. In de ondergrondse waterreservoirs zouden daarvoor fabrieken gevestigd kunnen worden. De betonnen buizen, die een diameter van vier meter hebben, zouden voor transport gebruikt kunnen worden. Ingenieurs die bij het project betrokken waren, hebben deze verdachtmakingen van de hand gewezen en wijzen op de afwezigheid van luchtkokers.

### India

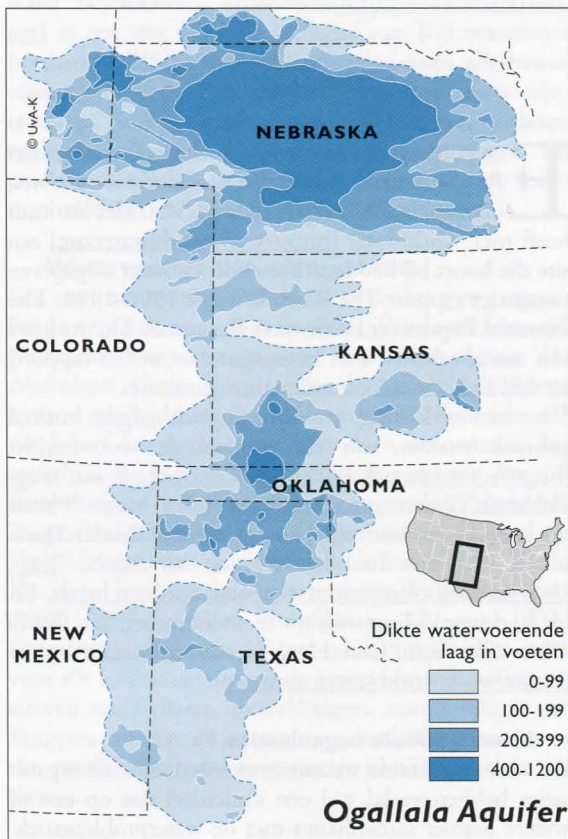
Niet alleen in rijke landen als de VS, Saudi-Arabië en Libië heeft de exploitatie van grondwater voor de landbouw een grote vlucht genomen. Ook in armere ontwikkelingslanden als Pakistan, India en China is dat het geval. In China groeide het aantal irrigatieputten van 110 duizend in 1961 tot 2,4 miljoen midden jaren tachtig, in Pakistan van 25 duizend in 1964 naar 360 duizend in 1993. In India ver-113-voudigde het met grondwater geïrrigeerde areaal van 110 duizend hectare in 1961 tot 11,3 miljoen in 1985. Dit land kwam de hongersnoden uit de jaren zestig grotendeels te boven dankzij de grondwaterirrigatie.

Ruim de helft van het geïrrigeerde areaal in India wordt nu bevoeid met grondwater. De overheid stimuleerde het gebruik van grondwater krachtig met energiesubsidies. Doordat grondwater goedkoop werd, zijn veel boeren overgeschakeld van tarwe en maïs, die relatief weinig water vragen, op de verbouw rijst waarvoor meer water nodig is. De Indiase aquifers worden op grote schaal overgeëxploiteerd. In veel staten - met name Punjab, Haryana, Gujarat en Tamil Nadu - daalt de grondwaterspiegel met een halve tot een hele meter per jaar! De kloof tussen de armere en rijkere boeren groeit erdoor. De rijkere kunnen door de aanschaf van krachtiger pompen de daling van de grondwaterspiegel beter bijhouden en steeds diepere lagen aanboren. De putten van veel armere boeren, van wie velen het water nog met spierkracht naar boven moeten halen, vallen droog.

Regels over hoeveel water boeren mogen oppompen ontbreken vaak, terwijl de elektriciteitsstarieven vaak gebaseerd zijn op het aantal PK's van de pomp in plaats van de gebruikte elektriciteit. Prikkel om zuinig met water om te gaan ontbreken zo. Deelstaten die het grondwatergebruik probeerden te beperken zoals Gujarat en Tamil Nadu schrokken om electorale redenen terug voor impopulaire maatregelen.

In India valt de neerslag van een heel jaar in honderd uur. De overige 8.660 uur zijn droog. Er bestaan daarom eeuwenoude *water harvesting* systemen om het water uit de natte moesson te bewaren voor de droge maanden. Veel van deze systemen zijn in onbruik geraakt toen de regering goedkope leningen ging verschaffen voor pompen en energie ging subsidiëren. De traditionele reservoirs die wegstromend regenwater opvingen en via





**Figuur 3.** De Ogallala Aquifer strekt zich uit onder acht Amerikaanse Staten.

inmiddels vruchten begint af te werpen. Ook wordt er - zij het moeizaam - beleid ontwikkeld om de verontreiniging van grondwater, met name door overbesteding, een halt toe te roepen.

De afgelopen decennia is het grondwater in Nederland gemiddeld enkele decimeters of lokaal meters gedaald. Het voordeel is dat de grondwatervoorraden hier in betrekkelijk korte tijd van nature of kunstmatig worden aangevuld. In veel gebieden elders op de wereld is dat niet het geval. Daar dalen de grondwaterspiegels soms met meters per jaar (China, India) en zijn ze de afgelopen decennia met tientallen meters gedaald. Ook kost de aanvulling van grondwatervoorraden daar veel meer tijd. De exploitatie van aquifers, die in grote delen van de wereld een hoge vlucht genomen heeft, is volstrekt niet duurzaam. Toch zijn er nog maar weinig staten (inclusief de Verenigde Staten) die een deugdelijk grondwaterbeleid ontwikkeld hebben. De niet-duurzame exploitatie van aquifers is een aspect van waterbeheer dat nog maar weinig aandacht krijgt, maar op termijn grote gevolgen kan hebben voor de voedselproductie, de drinkwatervoorziening en de instandhouding van wetlands. Zijn enorme omvang én onzichtbaarheid, speelt deze zoetwaterbron parten. Hij lijkt onuitputtelijk, maar is dit allerminst. 'When the well's dry, we know the worth of groundwater', zou een toepasselijke variatie kunnen zijn op een uitspraak die de Amerikaanse geleerde en politicus Benjamin Franklin 250 jaar geleden deed.

infiltratie grondwatervoorraden aanvullen, worden niet meer onderhouden.

### Vervuiling

Grondwatervoorraden worden niet alleen in toenemende mate overgeëxploiteerd, maar raken ook verontreinigd. *Overpumping* leidt in kustgebieden en gebieden waar zou water in de ondergrond zit, tot verzilting van aquifers. Miljoenensteden als Madras, Manilla en Jakarta, die voor hun drinkwatervoorziening afhankelijk zijn van aquifers, hebben veel last van zoutwaterintrusie. In gebieden met intensieve landbouw raken aquifers verontreinigd met nitraten (overbesteding) en pesticiden. In industrie- en mijnbouwgebieden raken ze verontreinigd met chemicaliën en zware metalen. Grondwater wordt daardoor minder geschikt voor de bereiding van drinkwater.

Een gevolg van het toenemend gebruik van grondwater is ook dat allerlei giftige stoffen die van nature in de bodem zitten 'gemobiliseerd' worden. Daardoor krijgen tientallen miljoenen inwoners in Azië teveel fluor in hun drinkwater. In Oost-India en Bangladesh wordt de drinkwatervoorziening van tientallen miljoenen mensen bedreigd doordat er steeds meer arsenicum in het drinkwater zit. Dit zit van nature vast aan het sediment dat de Ganges hier heeft afgezet, maar komt daar nu van los en lost op in het water dat wordt opgepompt. Volgens sommigen komt dat doordat de sedimenten nu in aanraking komen met zuurstof, volgens anderen raakt het arsenicum gemobiliseerd door een reactie met fosfaten uit meststoffen.

In Nederland maken we ons - terecht - zorgen over de verdroging. Die wordt veroorzaakt doordat we het regenwater te snel afvoeren, en industrieën, drinkwaterbedrijven en boeren teveel water oppompen. Daarom is er een breed anti-verdrogingsbeleid ontwikkeld dat

### Literatuur

- Agarwal, A. & S. Narain (1997) *Dying wisdom. Rise, fall and potential of India's traditional water harvesting systems*. Centre for Science and Environment, New Delhi.
- Committee on the future of irrigation in the face of competing demands (1996) *A new era for irrigation*. National Research Council, Washington.
- Donkers, H. (1993) Kadha's achtste wereldwonder. Great Manmade River moet waterprobleem in Libië oplossen. In: *Geografie januari*, p. 10-13.
- Down to Earth (1999) *Perpetual thirst*. In: *Down to Earth* 7(19).
- Dufour, F.C. (1998) *Grondwater in Nederland. Onzichtbaar water waarop wij lopen*. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, Delft.
- El-Ashry, M.T. & D.C. Gibbons (1986) *Troubled waters. New Policies for managing water in the American West*. World Resources Institute, Washington.
- Gardner, G. (1995) *Aquifers that won't replenish*. *World Watch* May/June p. 30-36.
- Hillel, D. (1994) *Rivers of Eden*. Oxford University Press, New York.
- Klohn, W. (1992) *Der Ogallala Aquifer. Die Bewässerungslandwirtschaft der Great Plains vor dem Ende?* In: *Geographie Heute*, 101.
- Margat, J. (1993) *A hidden asset*. In: *The Unesco Courier*, May p. 15-18.
- Misch, A. (1991) *India's wells run dry*. *World Watch* May/June p. 9-10.
- Postel, S. (1999) *When the world's wells run dry*. *World Watch* September/October p. 30-38.
- Sampat, P. (2000) *Groundwater shock. The pollution of the world's major freshwater stores*. *World Watch* Januari/February p. 10-22.
- Shah, T. (1993) *Groundwater markets and irrigation development. Political economy and practical policy*. Oxford University Press, Bombay.
- Shiklomanov, I. (1999) *World water resources: modern assessment and outlook for the 21st century*. St. Petersburg.
- Unicef (1998) *Groundwater: the invisible and endangered resource*.
- Zwingle, E. (1993) *Ogallala Aquifer: Wellspring of the High Plains*. *National Geographic*, March p. 80-109.